

· 论 著 · DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2025. 24. 017

急性脑梗死患者早期神经功能恶化的风险分层模型及应用^{*}

张佳伟,张刘会,余 佳,吴 洋,李 雯
安徽医科大学第一附属医院急诊科,安徽合肥 230011

摘 要:**目的** 构建急性脑梗死(ACI)患者早期神经功能恶化(END)风险分层模型,并探讨其临床应用价值。**方法** 回顾性选取 2020 年 5 月至 2024 年 7 月该院收治的 213 例 ACI 患者。采用 LASSO 回归筛选变量,将入选变量纳入多因素 Logistic 回归以分析 ACI 患者发生 END 的影响因素,并构建列线图风险预测模型。利用曲线下面积(AUC)、校准曲线和决策曲线(DCA 曲线)评估模型的区分度、校准度及临床净获益;基于列线图总分,采用递归分割分析对列线图风险评分进行风险分层,并通过受试者工作特征(ROC)曲线评估风险分层模型对 END 高风险的预测效能。**结果** 该研究 213 例 ACI 患者,其中 71 例发生 END,142 例未发生 END,END 发生率为 33. 33%。LASSO 回归分析结果显示,当惩罚系数 $\lambda=0. 003$ 时,初筛出 5 个预测因子:糖尿病、梗死灶最大径、空腹血糖、同型半胱氨酸(Hcy)及 C 反应蛋白(CRP)。多因素 Logistic 回归分析显示,糖尿病、梗死灶最大径、空腹血糖、Hcy 及 CRP 是 ACI 患者发生 END 的影响因素($P<0. 05$)。据此构建的列线图风险预测模型经 ROC 曲线和 DCA 曲线验证,具有较高的预测效能和临床净收益。ACI 患者根据 END 风险分为低风险组(评分 <102 分)、中风险组($102 \leq \text{评分}<147$ 分)、高风险组(评分 ≥ 147 分),且 3 组间 END 发生率比较,差异有统计学意义($P<0. 05$)。ROC 曲线分析结果显示,风险分层模型预测 ACI 患者 END 高风险的 AUC 为 0. 778。**结论** 该研究基于糖尿病、梗死灶最大直径、空腹血糖、Hcy 及 CRP,成功构建并验证了用于预测 ACI 患者 END 风险的列线图及风险分层模型。

关键词:急性脑梗死; 早期神经功能恶化; 风险分层模型; 同型半胱氨酸; 列线图
中图法分类号:R743. 3;R447 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2025)24-3403-08

A risk stratification model and its application for early neurological deterioration
in patients with acute ischemic stroke^{*}

ZHANG Jiawei,ZHANG Liuhui,YU Jia,WU Yang,LI Wen
Department of Emergency Medicine,the First Affiliated Hospital of
Anhui Medical University,Hefei,Anhui 230011,China

Abstract: Objective To develop a risk stratification model for early neurological deterioration (END) in patients with acute cerebral infarction (ACI) and to explore its clinical utility. **Methods** A total of 213 patients with ACI admitted to the hospital from May 2020 to July 2024 were retrospectively enrolled. Least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression was used to select candidate variables, which were then entered into multivariable Logistic regression to identify factors associated with END and to construct a nomogram-based risk prediction model. Model discrimination, calibration and net clinical benefit were evaluated using the area under the receiver operating characteristic curve (AUC), calibration curve and decision curve analysis (DCA) curve. Based on the total nomogram score, recursive partitioning analysis was applied to stratify risk; the predictive performance of the risk-stratification model for high risk of END was assessed using ROC curve. **Results** Among the 213 ACI patients included in this study, END occurred in 71 cases and did not occur in 142 cases, with an END incidence rate of 33. 33%. At a penalty parameter of $\lambda=0. 003$, five predictors——diabetes mellitus, maximum infarct diameter, fasting plasma glucose, homocysteine (Hcy) and C-reactive protein (CRP) were selected by LASSO regression. Diabetes mellitus, maximum infarct diameter, fasting plasma glucose, Hcy and CRP were identified as predictors of END ($P<0. 05$), by multivariable Logistic regression. On this basis, a nomogram-based risk prediction model was constructed, for which

^{*} 基金项目:安徽省自然科学基金项目(2003068QH274)。

作者简介:张佳伟,女,主管护师,主要从事急诊输液护理相关研究。

引用格式:张佳伟,张刘会,余佳,等. 急性脑梗死患者早期神经功能恶化的风险分层模型及应用[J]. 检验医学与临床,2025,22(24):3403-

high predictive performance and net clinical benefit were demonstrated by ROC curve and decision curve analysis. Based on the total nomogram score, risk was stratified into a low-risk group (score < 102), an intermediate-risk group ($102 \leq \text{score} < 147$) and a high-risk group (score ≥ 147); statistically significant differences in END incidence were observed among the three groups ($P < 0.05$). ROC curve analysis demonstrated that the AUC of the risk stratification model for predicting high-risk END in ACI patients was 0.778. **Conclusion** A nomogram and risk-stratification model for predicting END risk in patients with ACI have been developed and validated on the basis of diabetes mellitus, maximum infarct diameter, fasting plasma glucose, Hcy and CRP.

Key words: acute cerebral infarction; early neurological deterioration; risk stratification model; homocysteine; nomogram

急性脑梗死(ACI)是由血栓形成、动脉粥样硬化、脑血栓移行或脱落等因素导致脑部血流灌注不足,进而引发脑组织缺血和低氧的神经系统综合征^[1]。作为一种神经内科常见疾病,ACI 不仅具有高发病率、高致残率和高复发率的特点,其发病年龄还呈现年轻化的趋势,给患者带来了沉重的健康负担和生活困扰^[2]。统计数据显示,19%~24%的 ACI 患者在发病后的 3 d 内会出现早期神经功能恶化(END),主要表现为神经功能缺损的持续加重^[3]。END 的发生不仅会延长患者的住院时间,还会增加住院病死率^[4]。此外,它还可能导致患者遗留残疾,显著降低生活质量,对患者的预后产生深远的负面影响^[5]。因此,及时预测 ACI 患者发生 END 的风险将有助于医师制订精准的治疗方案,提高患者的康复率,同时减少不必要的并发症。

列线图作为一种重要的预测模型结果解读工具,因其准确的预测能力和直观易懂的呈现方式,能够帮助医师快速评估患者的风险状况,从而做出更精准的诊疗决策^[6]。目前,列线图已在医学领域广泛应用,尤其是在预测肿瘤的转移、复发及对治疗的反应方面,同时也被广泛应用于心血管疾病和脑血管疾病的诊断与治疗评估^[7-9]。尽管列线图模型能够预测疾病的发生风险,但它难以直接量化不同程度的风险等级。因此,对列线图的风险评分进行分层处理,对于精确评估患者发生特定并发症的风险至关重要。多项研究表明,基于列线图风险评分构建的风险分层模型已被广泛应用于评估多种疾病的不同风险程度,例如胃癌根治性切除术后腹膜复发的风险、全肩关节置换术后患者再入院的风险以及宫颈癌根治性放疗后早期转移的风险^[10-12]。目前,尽管已有研究探讨 ACI 患者发生 END 的危险因素及对 END 的预测价值,但针对 END 风险评分进一步分层的研究仍相对不足。因此,本研究旨在基于列线图风险评分构建风险分层模型,以便更精确地评估 ACI 患者发生 END 的不同风险。这种分层方法将有助于识别高风险患者群体,为临床决策提供更有力的支持。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取 2020 年 5 月至 2024 年 7 月本院收治的 213 例 ACI 患者。纳入标准:(1)均

符合 ACI 的诊断标准^[13];(2)发病和入院间隔 < 24 h;(3)年龄 > 18 岁;(4)入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)^[14]评分 < 16 分;(5)入院后 24 h 内通过头部计算机断层扫描(CT)、磁共振(MRI)确诊 ACI。排除标准:(1)短暂性脑缺血发作;(2)脑出血;(3)既往脑梗死病史;(4)急性心血管事件;(5)符合静脉溶栓或机械取栓指征;(6)缺乏临床资料或住院期间死亡。本研究经本院医学伦理委员会审查(审批号:安医一附院科研伦理审-PJ2025-01-91)批准,豁免知情同意。

1.2 方法

1.2.1 基线资料采集 收集患者入院时的基线资料,包括性别、年龄、有无吸烟史、有无饮酒史、有无高血压、有无糖尿病、有无高脂血症、入院时 NIHSS 评分、入院时舒张压、入院时收缩压、梗死灶最大径、空腹血糖、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、同型半胱氨酸(Hcy)、中性粒细胞与淋巴细胞计数比值(NLR)、C 反应蛋白(CRP)等。

1.2.2 END 的诊断 采用 NIHSS 评分^[14]评估患者的神经功能状态。END 定义为发病后 72 h 内 NIHSS 评分增加 ≥ 2 分,或出现新的神经功能缺损。根据 NIHSS 评分的变化,将患者分为 END 组和非 END 组。

1.3 统计学处理 采用 SPSS20.0 统计软件进行处理和分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用 LASSO 回归筛选变量,多因素 Logistic 回归分析 ACI 患者发生 END 的影响因素;采用 R 软件(4.2.0)的 rms 程序构建 ACI 患者发生 END 的列线图风险预测模型,以曲线下面积(AUC)、校准曲线、决策曲线(DCA 曲线)评估模型的预测效能、校准度及临床收益;通过列线图预测个体患者风险评分,并采用递归分割分析对所有 ACI 患者发生 END 的风险进行分层分析;采用受试者工作曲线(ROC)及 AUC 评估风险分层模型对发生 END 不同风险的效能。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 END 组、非 END 组基线资料比较 本研究 213

例 ACI 患者,其中 71 例发生 END,发生率为 33.33%。2 组患者在性别、年龄、有饮酒史占比、高血压占比、高脂血症占比,以及入院时收缩压、总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇等方面比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。与非 END 组相比,END 组有吸烟史占比、糖尿病占比、入院时 NIHSS 评分、入院时舒张压、梗死灶最大径、空腹血糖、Hcy、NLR、CRP 水平显著升高($P<0.05$)。见

表 1。

2.2 ACI 患者发生 END 的 LASSO 回归分析 以 ACI 患者是否发生 END 为因变量(发生 END=1;未发生 END=0),以结果 2.1 中 9 个具有统计学意义的因素为自变量纳入 LASSO 回归分析。结果显示,当惩罚系数 $\lambda=0.003$ 时,最终筛选出 5 个非零系数预测因子:糖尿病、梗死灶最大径、空腹血糖、Hcy 及 CRP。见图 1。

表 1 END 组、非 END 组基线资料比较[$n(\%)$ 或 $\bar{x}\pm s$]

项目	<i>n</i>	END 组(<i>n</i> =71)	非 END 组(<i>n</i> =142)	χ^2/t	<i>P</i>
性别				0.940	0.332
男	103	31(43.66)	72(50.70)		
女	110	40(56.34)	70(49.30)		
年龄(岁)	213	68.47±5.14	67.24±6.47	1.396	0.164
吸烟史				39.672	<0.001
无	107	14(19.72)	93(65.49)		
有	106	57(80.28)	49(34.51)		
饮酒史				0.460	0.497
无	109	34(47.89)	75(52.82)		
有	104	37(52.11)	67(47.18)		
高血压				0.338	0.561
无	105	33(46.48)	72(50.70)		
有	108	38(53.52)	70(49.30)		
糖尿病				57.688	<0.001
无	117	13(18.31)	104(73.24)		
有	96	58(81.69)	38(26.76)		
高脂血症				0.478	0.489
无	127	40(56.34)	87(61.27)		
有	86	31(43.66)	55(38.73)		
入院时 NIHSS 评分(分)	213	8.74±1.36	5.47±1.28	17.212	<0.001
入院时舒张压(mmHg)	213	87.59±5.39	84.25±6.14	3.894	<0.001
入院时收缩压(mmHg)	213	161.25±3.69	160.47±2.58	1.792	0.075
梗死灶最大径(cm)	213	1.51±0.05	1.31±0.12	13.459	<0.001
空腹血糖(mmol/L)	213	8.25±1.24	6.14±1.03	13.148	<0.001
总胆固醇(mmol/L)	213	4.48±1.02	4.32±1.05	1.058	0.291
高密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	213	1.01±0.05	1.03±0.08	1.926	0.055
低密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	213	2.92±0.56	3.01±0.39	1.365	0.174
Hcy(μ mol/L)	213	15.74±2.14	12.36±1.47	13.509	<0.001
NLR	213	3.04±0.25	1.89±0.17	39.536	<0.001
CRP(mg/L)	213	4.58±0.14	3.14±0.25	45.094	<0.001

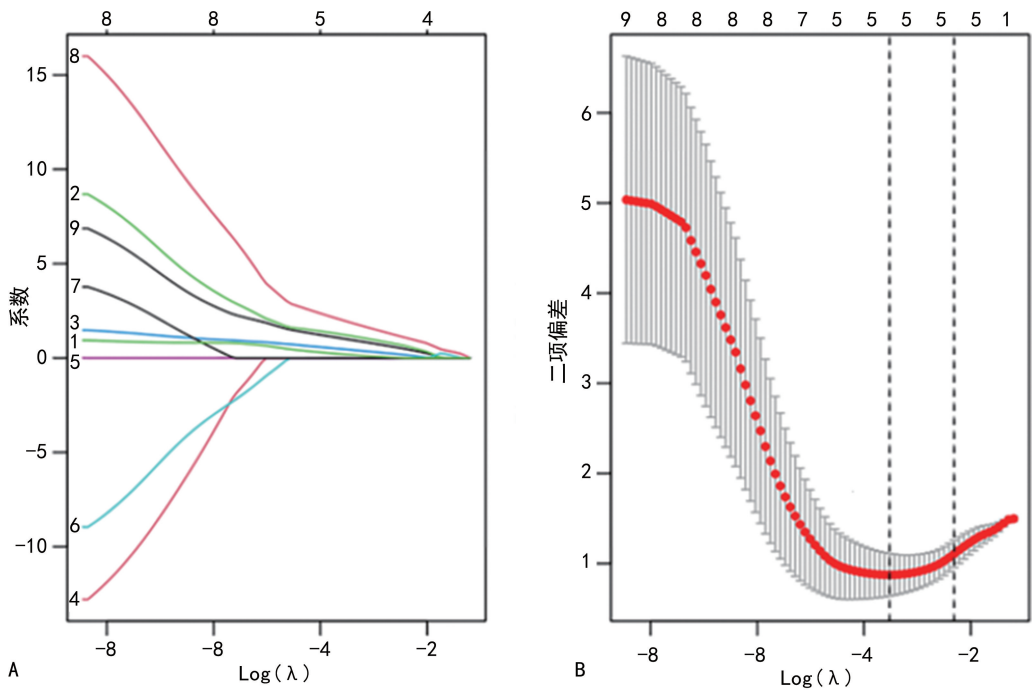
2.3 ACI 患者发生 END 影响因素的多因素 Logistic 回归分析 以 ACI 患者是否发生 END 为因变量(发

生 END=1;未发生 END=0),以 LASSO 回归筛选出的 5 个变量为自变量,纳入多因素 Logistic 回归模

型。结果显示,糖尿病、梗死灶最大径、空腹血糖、Hcy 及 CRP 均为 ACI 患者发生 END 的影响因素($P<0.05$)。见表 2。

2.4 ACI 患者发生 END 的列线图风险预测模型 将多因素 Logistic 回归分析筛选出的独立影响

因素构建列线图风险预测模型。各因素对 ACI 患者发生 END 的风险以分值的形式体现,各因素分值相加可获得总分。根据总分分值可对应得出 ACI 患者发生 END 风险的预测概率,总分越高,发生 END 的风险越高。见图 2。



注:A 为系数路径图;B 为 0 折交叉验证误差曲线;图 1A 中变量编号含义,1=吸烟史,2=空腹血糖,3=入院时 NIHSS 评分,4=Hcy,5=入院时舒张压,6=CRP,7=NLR,8=梗死灶最大径,9=糖尿病。

图 1 ACI 患者发生 END 的 LASSO 回归分析

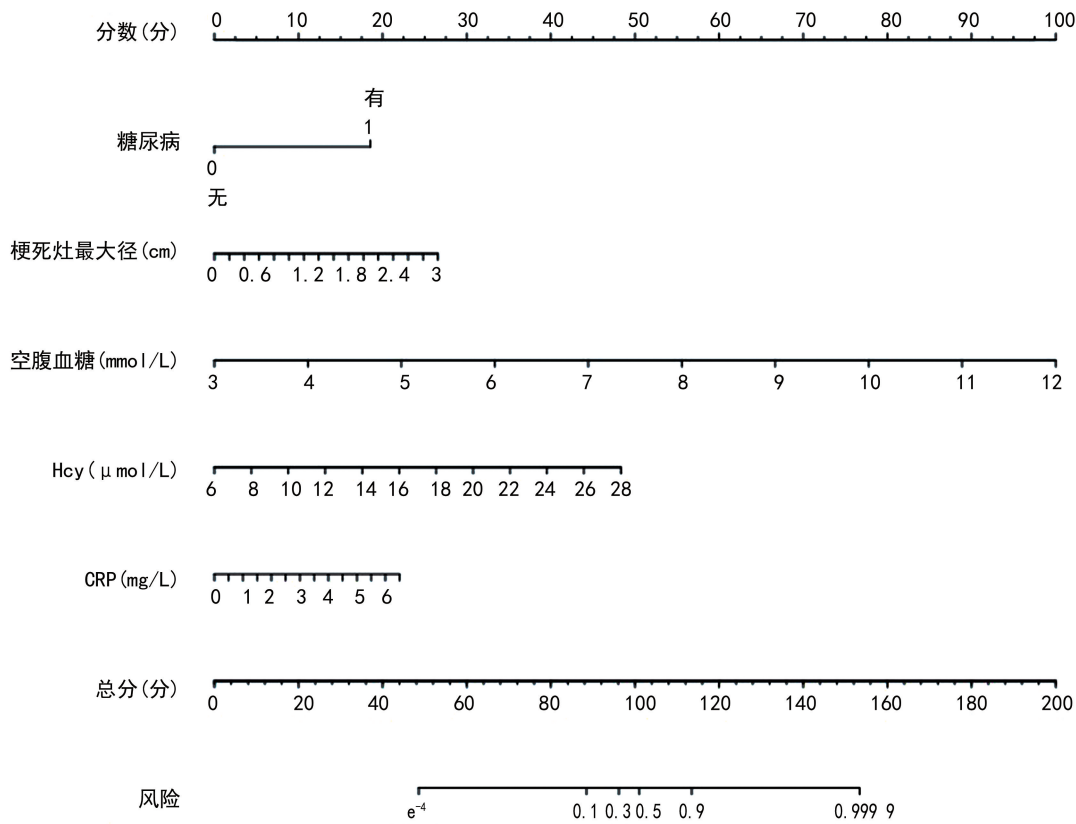


图 2 ACI 患者发生 END 的列线图风险预测模型

表 2 ACI 患者发生 END 影响因素的多因素 Logistic 回归分析

项目	赋值	β	SE	Wald χ^2	OR	OR 的 95%CI	P
糖尿病	无=0,有=1	3.257	0.677	23.183	25.982	6.899~97.846	<0.001
梗死灶最大径	实际值	1.556	0.717	4.710	4.741	1.163~19.335	0.030
空腹血糖	实际值	1.952	0.347	31.681	7.046	3.570~13.906	<0.001
Hcy	实际值	0.386	0.101	14.669	1.471	1.207~1.792	<0.001
CRP	实际值	0.595	0.239	6.201	1.814	1.135~2.897	0.013
常量	—	-25.919	4.177	38.503	—	—	—

注：—表示无数据。

2.5 风险预测模型的验证 Hosmer-Lemeshow 检验及校准曲线结果显示,该模型预测概率与实际预测概率具有良好一致性($\chi^2=10.244,P=0.248$);ROC 曲线分析结果显示,该风险预测模型预测 ACI 患者发生 END 的 AUC 为 0.976(95%CI:0.958~0.993);DCA 曲线结果显示,该模型具有良好的阈值概率和临床净收益。见图 3~5。

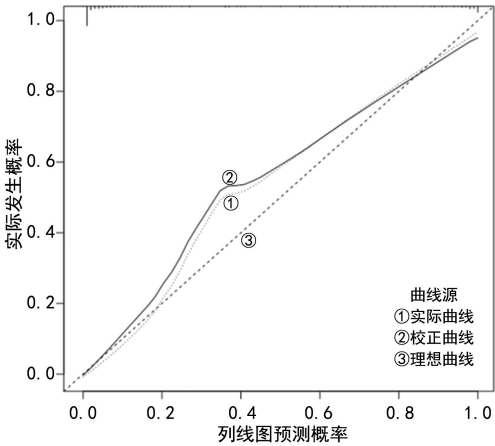


图 3 风险预测模型预测 ACI 患者发生 END 的校准曲线

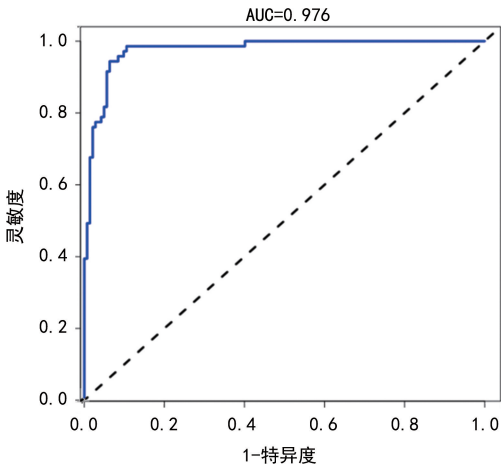


图 4 风险预测模型预测 ACI 患者发生 END 的 ROC 曲线

2.6 风险分层模型的构建 本研究计算了所有 213 例 ACI 患者(71 例发生 END)的个体化风险评分(总分)。采用递归分割分析,以患者的列线图总分为自变量,以其真实的 END 状态(发生=1,未发生=0)为因变量,寻找能将患者 END 发生率区分开来的最佳分界点,从而将全部 213 例 ACI 患者划分为低风险组

(评分<102 分)、中风险组(102 分≤评分<147 分)、高风险组(评分≥147 分)。低、中、高风险组 END 发生率分别 7.02%、40.38%、89.36%,3 组比较,差异有统计学意义($\chi^2=85.604,P<0.001$)。

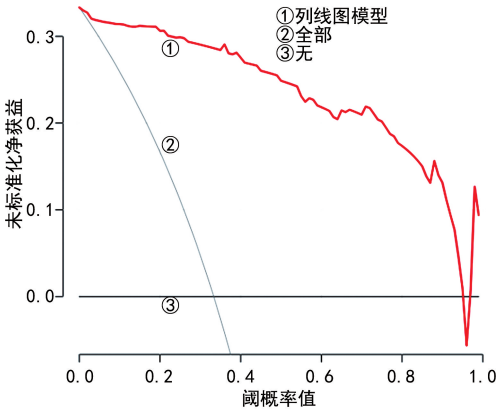


图 5 风险预测模型预测 ACI 患者发生 END 的 DCA 曲线

2.7 风险分层模型的预测效能评估 为科学评估上述风险分层系统中“高风险组”这一分类对于预测真实 END 事件的价值,本研究进行了 ROC 曲线分析。以患者是否发生 END(是=1,否=0)为状态变量,以是否被划分为高风险组(是=1,否=0),即根据 2.5 中标准,列线图总分(是否≥147 分)为检验变量。结果显示,风险分层模型预测 ACI 患者发生 END 高风险的 AUC 为 0.778(95%CI:0.716~0.832),灵敏度为 59.15%,特异度为 96.48%。见图 6。

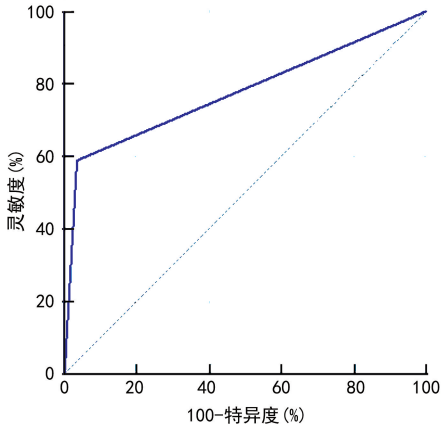


图 6 风险分层模型预测 ACI 患者发生 END 高风险的 ROC 曲线

3 讨 论

ACI 是全球范围内导致死亡和长期残疾的主要原因之一^[15]。目前,ACI 的主要治疗手段包括静脉溶栓和血管内治疗,这些干预措施通常需要在脑卒中发生后的早期阶段实施,以尽快恢复脑部血流^[16]。然而,再灌注治疗的效果受到严格的时间窗限制,许多患者因未能及时就医而错过最佳治疗时机。此外,在 ACI 的早期阶段,患者常出现神经功能恶化的表现。END 是指在 ACI 发病后新出现的神经系统症状或体征,或神经功能进一步恶化,常见表现为言语不清、面部肌肉下垂以及手臂或腿部无力等^[17]。END 在 ACI 患者中的发生率为 13%~38%,并与神经功能减退、病死率增加及预后不良密切相关^[18-19]。尽管患者接受了积极的溶栓、抗凝和对症支持治疗,其致死率和致残率仍然较高,整体预后形势依然严峻^[20]。因此,早期识别和预测 END 在 ACI 患者中的发生风险,对于精准筛选高危人群,制订个体化治疗方案,预防复发以及降低 END 的发生率具有重要意义。

相关研究已证实,当 ACI 患者合并糖尿病时,血糖波动会显著增加,而这种血糖变异性与 END 的发生风险密切相关^[20]。血糖的频繁波动和不稳定状态可能进一步加重患者病情,并显著提升缺血性脑卒中后的不良预后风险^[21]。ZHANG 等^[22]通过多因素 Logistic 回归分析发现,糖尿病、基线 NIHSS 评分、CRP、载脂蛋白 B 和凝血反应时间是 ACI 患者发生 END 的影响因素,提示密切关注上述指标变化对于临床医师早期评估 ACI 患者 END 风险,并采取适当措施改善患者预后具有一定的意义。DAI 等^[23]研究发现,高血糖可能与 ACI 患者血管内血栓切除术后 END 的发生风险相关,并且高血糖是术后预后不良的危险因素,这一发现提示密切监测血糖水平、及时调整治疗方案并维持血糖稳定是降低 END 发生风险的关键措施。相关研究报道,END 可能由多种机制引起,包括持续缺血导致的初始梗死灶扩大、不稳定的动脉粥样硬化斑块破裂、脑水肿引起的颅内压升高、梗死腔内的出血性转化以及继发性栓塞事件等^[24]。步红静等^[25]研究发现,糖尿病病史及梗死灶最大径是急性穿支动脉脑梗死(PAI)患者发生 END 的关键因素,这一发现表明糖尿病及梗死灶最大径与 END 的发生和发展密切相关。

Hcy 在动脉粥样硬化和斑块形成中的作用与血管内皮损伤及炎症密切相关^[26],已被确认为 ACI 的影响因素^[27]。此外,缺血后的炎症反应可进一步加剧组织损伤,显著增加 END 的发生风险^[28]。CHEN 等^[29]研究发现,高水平的 Hcy 与 ACI 患者支架治疗后的 END 密切相关,这一发现提示,Hcy 水平升高可

作为评估支架治疗后 END 风险的重要指标,密切监测 Hcy 水平可能有助于识别高风险患者,并通过优化治疗策略来改善患者的预后。本研究多因素 Logistic 回归分析发现,糖尿病、空腹血糖、梗死灶最大径及 Hcy、CRP 均为 ACI 患者发生 END 的影响因素。在既往研究中,NIHSS 评分已被证实与 END 的发生密切相关,并被认为是影响 END 的因素^[30]。然而,在本研究中,尽管 END 组的 NIHSS 评分显著高于非 END 组,但在多因素 Logistic 回归分析中,因将 NIHSS 评分作为诊断 END 的标准,故 NIHSS 评分并未被纳入作为 END 的影响因素。

基于 Logistic 回归分析构建的列线图模型是一种整合了多个预测变量的图形化工具,因具有用户友好性、易于理解和预测准确度高等优势,使其在医疗领域的应用前景变得愈发广阔^[31]。然而,在部分研究中,尽管列线图模型可有效预测疾病发生风险,但要实现更精细的风险分层(如低、中、高风险),仍需基于模型的风险评分进一步构建风险分层系统^[32-33]。ZHAO 等^[34]的研究整合了多个指标,构建了用于预测 ACI 患者血栓切除术后预后不良的列线图模型;在此基础上,该研究团队进一步依据模型风险评分对患者进行了风险分层。结果表明,与风险评分 ≤ 65 分的低风险患者相比,评分 > 65 分的高风险患者其临床预后更差,该结果证实,基于列线图模型的风险分层系统能够实现对 ACI 取栓治疗患者临床预后的更精确预测。与既往研究相类似,本研究基于糖尿病、空腹血糖、梗死灶最大径、Hcy 及 CRP 构建了 ACI 患者发生 END 的列线图风险预测模型。研究结果显示,该模型具有良好的一致性、预测价值和临床实用性,能够有效辅助临床医师评估 ACI 患者发生 END 的风险。进一步基于患者的列线图风险评分构建风险分层模型,分为低风险组、中风险组和高风险组,3 组间 END 发生率比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。此外,ROC 曲线分析结果显示,该风险分层模型预测 ACI 患者发生 END 高风险的 AUC 为 0.778,具有一定的预测价值。因此,基于列线图风险评分构建的风险分层模型能够帮助医师准确评估患者发生 END 的风险,具有重要的临床应用价值。

然而,本研究还存在一些不足之处。(1)选择偏倚风险:本研究排除了接受再灌注治疗(静脉溶栓/机械取栓)的患者,可能导致研究结论无法外推至该重要亚群。未来需通过多中心、大样本研究纳入再灌注治疗患者,以验证本模型在“全 ACI 人群”中的适用性。(2)单中心设计:可能引入地域性偏倚,后续将通过前瞻性、多中心队列进一步验证。(3)样本量有限:尽管 LASSO 回归支持模型的稳定性,但扩大样本量

可进一步提升模型可靠性。(4)对 ACI 患者发生 END 的详细机制了解不足,可能影响模型的精确性和针对性。

综上所述,本研究基于 ACI 患者发生 END 的影响因素构建了列线图风险预测模型,基于列线图风险评分构建的风险分层模型具有较高的预测价值和实用价值,可能成为评估 ACI 患者不同 END 风险的有效预测工具,具有一定的临床应用价值。

参考文献

- [1] WEN H J, LV M K. Correlation analysis between serum procalcitonin and infarct volume in young patients with acute cerebral infarction[J]. *Neurol Sci*, 2021, 42(8): 3189-3196.
- [2] YANG D, LIU Y, HAN Y, et al. Signal of carotid intra-plaque hemorrhage on Mr T1-weighted imaging: association with acute cerebral infarct[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(5): 836-843.
- [3] LI H Y, DAI Y Q, WU H T, et al. Predictors of early neurologic deterioration in acute pontine infarction[J]. *Stroke*, 2020, 51(2): 637-640.
- [4] LIU Y L, YIN H P, QIU D H, et al. Multiple hypointense vessels on susceptibility-weighted imaging predict early neurological deterioration in acute ischaemic stroke patients with severe intracranial large artery stenosis or occlusion receiving intravenous thrombolysis [J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2020, 5(4): 361-367.
- [5] ZHANG M, ZHU W S, MA Y, et al. Early neurological deterioration and hypoperfusion volume ratio on arterial spin labeling in patients with acute ischemic stroke[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30(8): 105885.
- [6] ZHANG S, JI B, ZHONG X, et al. A dynamic nomogram predicting portal vein thrombosis in cirrhotic patients during primary prophylaxis for variceal hemorrhage[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9: 887995.
- [7] ZHANG Z Y, WANG F K, ZHANG J L, et al. An m6A-related lncRNA signature predicts the prognosis of hepatocellular carcinoma [J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 854851.
- [8] WU Z C, SHI M X, WANG L, et al. Identification of major risk factors and non-linear effects to the development of left ventricular hypertrophy in chronic kidney disease by constructing and validation of nomograms[J]. *Front-Med (Lausanne)*, 2022, 9: 914800.
- [9] TANG M, GAO J, MA N, et al. Radiomics nomogram for predicting stroke recurrence in symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis [J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 851353.
- [10] ZHU Y J, CHEN H, WU Y H, et al. Novel nomogram and risk stratification for peritoneal recurrence after cura-

- tive resection in gastric cancer[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 19103.
- [11] MACLEAN I S, LU Y N, PATEL B H, et al. A risk stratification nomogram to predict inpatient admissions after total shoulder arthroplasty among patients eligible for medicare[J]. *Orthopedics*, 2022, 45(1): 43-49.
- [12] LIU L Y, LIN J, DENG S F, et al. A novel nomogram and risk stratification for early metastasis in cervical cancer after radical radiotherapy[J]. *Cancer Med*, 2023, 12(24): 21798-21806.
- [13] 中国老年医学学会急诊医学分会, 中华医学会急诊医学分会卒中医学组, 中国卒中学会急救医学分会, 等. 急性缺血性脑卒中急诊急救中国专家共识(2018)[J]. *临床急诊杂志*, 2018, 19(6): 351-359.
- [14] KWAH L K, DIONG J. National institutes of health stroke scale (NIHSS)[J]. *J Physiother*, 2014, 60(1): 61.
- [15] DING Q, LIU S, YAO Y, et al. Global, regional, and National burden of ischemic stroke, 1990—2019[J]. *Neurology*, 2022, 98(3): e279-e290.
- [16] KLEINDORFER D O, TOWFIGHI A, CHATURVEDI S, et al. 2021 guideline for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2021, 52(7): e364-e467.
- [17] SENERS P, TURC G, OPPENHEIM C, et al. Incidence, causes and predictors of neurological deterioration occurring within 24 h following acute ischaemic stroke: a systematic review with pathophysiological implications[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2015, 86(1): 87-94.
- [18] KIM T J, KANG M K, JEONG H G, et al. Cystatin C is a useful predictor of early neurological deterioration following ischaemic stroke in elderly patients with normal renal function[J]. *Eur Stroke J*, 2017, 2(1): 23-30.
- [19] NOVOTNY V, AARLI S J, NETLAND K A, et al. Clinical manifestation of acute cerebral infarcts in multiple arterial territories[J]. *Brain Behav*, 2021, 11(8): e2296.
- [20] HUI J, ZHANG J, MAO X, et al. The initial glycemic variability is associated with early neurological deterioration in diabetic patients with acute ischemic stroke[J]. *Neurol Sci*, 2018, 39(9): 1571-1577.
- [21] LEE S H, KIM Y, PARK S Y, et al. Pre-stroke glycemic variability estimated by glycated albumin is associated with early neurological deterioration and poor functional outcome in prediabetic patients with acute ischemic stroke[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2021, 50(1): 26-33.
- [22] ZHANG X N, JIA X H, CHEN L, et al. Study on the predictive value of thromboelastography in early neurological deterioration in patients with primary acute cerebral infarction[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 4521003.
- [23] DAI Z, CAO H M, WANG F, et al. Impacts of stress hy-

perglycemia ratio on early neurological deterioration and functional outcome after endovascular treatment in patients with acute ischemic stroke[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1094353.

[24] DEB P, SHARMA S, HASSAN K M. Pathophysiologic mechanisms of acute ischemic stroke; an overview with emphasis on therapeutic significance beyond thrombolysis[J]. *Pathophysiology*, 2010, 17(3): 197-218.

[25] 步红静, 马娜, 张盼盼, 等. 急性穿支动脉脑梗死患者早期神经功能恶化列线图的建立与验证[J]. *中国卒中杂志*, 2024, 19(2): 158-166.

[26] WU W, GUAN Y, XU K, et al. Plasma homocysteine levels predict the risk of acute cerebral infarction in patients with carotid artery lesions[J]. *Mol Neurobiol*, 2016, 53(4): 2510-2517.

[27] LU S S, XIE J, SU C Q, et al. Plasma homocysteine levels and intracranial plaque characteristics: association and clinical relevance in ischemic stroke[J]. *BMC Neurol*, 2018, 18(1): 200.

[28] SMITH C J, EMSLEY H C A, GAVIN C M, et al. Peak plasma interleukin-6 and other peripheral markers of inflammation in the first week of ischaemic stroke correlate with brain infarct volume, stroke severity and long-term outcome[J]. *BMC Neurol*, 2004, 4: 2.

[29] CHEN Q, LING W T, HAN D K. Study on the association of homocysteine and C-Reactive protein with neurofunctional changes in patients with acute ischemic stroke after endovascular stent treatment[J]. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 2022, 18: 881-889.

[30] ZHU W, ZHOU J H, MA B Y, et al. Predictors of early neurological deterioration in patients with intracerebral hemorrhage; a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Neurol*, 2024, 271(6): 2980-2991.

[31] WANG J M, WANG Y T, WANG P F, et al. Construction and evaluation of a nomogram prediction model for aspiration pneumonia in patients with acute ischemic stroke[J]. *Heliyon*, 2023, 9(11): e22048.

[32] NI H, ZHAO L B, MA X H, et al. Technical risk stratification nomogram model for 90-day mortality prediction in patients with acute basilar artery occlusion undergoing endovascular thrombectomy: a multicenter cohort study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(6): e032107.

[33] ZHUO M L, GUO J J, TANG Y, et al. Ultrasound radiomics model-based nomogram for predicting the risk Stratification of gastrointestinal stromal tumors[J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 905036.

[34] ZHAO J J, CHEN H R, CUI J Y, et al. A nomogram prediction model based on tissue window for the prognosis of patients with acute ischemic stroke undergoing thrombectomy[J]. *Curr Neurovasc Res*, 2023, 20(1): 23-34.

(收稿日期: 2025-03-02 修回日期: 2025-07-06)

(上接第 3402 页)

[13] 张雅婧, 田晶, 韩港飞, 等. 慢性心力衰竭患者报告结局变化影响因素分析[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2023, 31(6): 406-410.

[14] 陈敏, 杨雅淇, 高丽, 等. SMI 技术诊断多发性大动脉炎的价值及其与血清 MMP-3、MMP-9 的关系[J]. *临床心血管病杂志*, 2023, 39(2): 135-140.

[15] DJURIC T, KUVELJIC J, DJORDJEVIC A, et al. Association of MMP1 and MMP3 haplotypes with myocardial infarction and echocardiographic parameters of the left ventricle[J]. *Mol Genet Genomic Med*, 2022, 10(9): e2022.

[16] TAN X, ZHANG R Y, LAN M D, et al. Integration of transcriptomics, metabolomics, and lipidomics reveals the mechanisms of doxorubicin-induced inflammatory responses and myocardial dysfunction in mice[J]. *Biomed Pharmacother*, 2023, 162: 114733.

[17] 刘佳丽, 张爱民, 向长铁, 等. 二氧化硫通过调控 MMP-3/TIMP-1 表达改善急性心肌梗死大鼠心肌纤维化[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(2): 351-354.

[18] 王小梅. 血清 FGF23、MMP-3 水平在急性心肌梗死后心力衰竭患者中的临床意义[J]. *医药论坛杂志*, 2019, 40(3): 133-135.

[19] TAN H L, YUE T, CHEN Z F, et al. Targeting FGF21 in cardiovascular and bolic diseases; from mechanism to medicine[J]. *Int J Biol Sci*, 2023, 19(1): 66-88.

[20] FAN L Z, GU L Y, YAO Y Y, et al. Elevated serum fibroblast growth factor 21 is relevant to heart failure patients with reduced ejection fraction[J]. *Comput Math Methods Med*, 2022, 2022: 7138776.

[21] 李慧, 刘国兵, 刘佩, 等. 血清 Endostatin、CTRP3、FGF21 与射血分数保留心力衰竭患者临床疗效及预后的关系[J]. *疑难病杂志*, 2022, 21(11): 1117-1123.

[22] 张静宜, 肖华, 孙琦, 等. 急性心肌梗死患者血清成纤维细胞生长因子 21 与心肌纤维化的相关性分析及对长期预后的影响[J]. *临床心血管病杂志*, 2024, 40(2): 122-127.

[23] SUN J Y, DU L J, SHI X R, et al. An IL-6/STAT3/Mr/FGF21 axis mediates heart-liver cross-talk after myocardial infarction[J]. *Sci Adv*, 2023, 9(14): eade4110.

[24] 毕晓雪, 刘彤, 李璐. 血清 FGF21 和脂联素与心肌梗死后急性心力衰竭的相关性研究[J]. *天津医科大学学报*, 2024, 30(4): 362-365.

[25] 蒋先训, 张凯, 张鹰. miR-149-5p 靶向 FGF21 对大鼠心肌细胞的缺氧/复氧损伤的促进作用[J]. *解放军医学杂志*, 2023, 48(3): 275-282.

(收稿日期: 2025-03-05 修回日期: 2025-07-06)